

Построение модели GVAR для российской экономики¹

Зубарев А.В., Кириллова М.А.

Взаимосвязи между экономиками различных стран и их зависимость от мировых рынков свидетельствуют о том, что для анализа влияния внешних шоков на конкретную экономику необходимо использовать глобальные модели, в частности эконометрические. Целью данной работы является построение глобальной модели векторной авторегрессии (GVAR), включающей Россию как один из регионов, и оценка влияния некоторых внешнеэкономических шоков на российские макроэкономические показатели. Мы строим модель, включающую 41 крупнейшую экономику, в том числе Россию, и отдельно выделяем рынок нефти. Особенности модели являются учет структурных сдвигов в динамике российского выпуска и новая предложенная нами спецификация уравнений спроса и предложения нефти. Для получения количественных оценок используются функции импульсных откликов. В работе мы анализируем реакцию выпусков, объемов добычи нефти и цены на нефть в ответ на шоки выпуска Китая и США. В ответ на снижение выпуска в ведущих мировых экономиках выпуски остальных стран снижаются, как минимум, в течение первого года после шока. Также выявлено значимое снижение нефтяных цен и не выявлено значимого изменения объемов добычи в большинстве стран в ответ на данные шоки. Кроме того, в рамках условного прогноза мы оценили влияние падения внешнего спроса из-за пандемии вируса COVID-19 на выпуск в российской экономике в 1,7%, оставшееся падение в 1% может быть отнесено к внутренним эффектам от пандемии (локдауну). Также был получен сценарный прогноз динамики российского ВВП, описывающий эффект от снижения торговли и дисконта цены на нефть, в рамках которого падение выпуска России может достигать 3,3% в 2022 г.

Ключевые слова: глобальная векторная авторегрессия; GVAR; цены на нефть; выпуск; добыча нефти; COVID-19; санкции; функции импульсных откликов.

DOI: 10.17323/1813-8691-2023-27-1-9-32

¹ Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС.

Зубарев Андрей Витальевич – к.э.н., заведующий лабораторией прикладного макроэкономического анализа Института прикладных экономических исследований РАНХиГС. E-mail: zubarev@ranepa.ru
Кириллова Мария Андреевна – м.н.с. лаборатории прикладного макроэкономического анализа Института прикладных экономических исследований РАНХиГС. E-mail: kirillova-ma@ranepa.ru

Статья поступила: 26.04.2022/Статья принята: 26.01.2023.

Для цитирования: Зубарев А.В., Кириллова М.А. Построение модели GVAR для российской экономики. *Экономический журнал ВШЭ*. 2023; 27(1): 9–32.

For citation: Zubarev A., Kirillova M. Building a GVAR Model for the Russian Economy. *HSE Economic Journal*. 2023; 27(1): 9–32. (In Russ.)

Введение

В современном мире различные страны и рынки находятся в сильной взаимосвязи друг с другом. Шоки, возникающие у отдельных участников глобальной экономики, могут с различной силой и скоростью затрагивать другие страны. В частности, российские показатели, такие как уровень ВВП и реальный курс, подвержены влиянию внешних шоков, в первую очередь шоков цены на нефть, которая, в свою очередь, связана с уровнем мировой деловой активности. Кроме того, мировой рынок нефти связан с объемами ее добычи, процентной политикой государств и т.д. Взаимосвязи между торговыми партнерами и зависимость от мировых финансовых, сырьевых и других рынков свидетельствуют о том, что для анализа влияния различных внешних шоков на конкретную экономику необходимо использовать глобальную эконометрическую модель, отражающую основные каналы передачи шоков между макроэкономическими показателями как внутри страны, так и между экономиками.

Целью данной работы является оценка влияния ключевых внешнеэкономических шоков на российские макроэкономические показатели. Кроме того, мы приводим оценку влияния падения мирового спроса из-за пандемии вируса COVID-19 на российскую экономику в рамках условного прогноза, а также строим сценарный прогноз динамики российского ВВП в зависимости от силы экономических санкций.

В качестве инструмента мы используем модель глобальной векторной авторегрессии (GVAR), представленную в пионерской работе [Pesaran et al., 2004] и расширенную в дальнейших исследованиях. Для построения модели GVAR используется набор стран, образующих индивидуальные страновые модели с домашними эндогенными, иностранными слабо экзогенными и глобальными экзогенными переменными, характеризующими мировые рынки. Кроме того, иностранные переменные агрегированы в соответствии с их весами в торговом балансе с домашней страной для уменьшения количества оцениваемых коэффициентов. Для получения оценок влияния внешних шоков на ту или иную экономику индивидуальные модели собираются в общую систему уравнений для последующих получения функций импульсных откликов и прогнозирования.

Существенным новшеством данной работы является включение России в список рассматриваемых экономик. При этом при моделировании долгосрочного соотношения для выпуска учитывается наличие структурных сдвигов в темпах экономического роста и зависимость от цены на нефть. Другой важной особенностью данной работы является предложенная новая спецификация индивидуальных моделей для объемов добычи нефти и модели для нефтяных цен. Мы предполагаем, что в динамике объемов добычи присутствует инерционность и изменения в объемах мирового выпуска или мировых цен на нефть влияют на добычу лишь с некоторым лагом. Мировые же цены на нефть, напротив, могут быстро реагировать на изменения мировых показателей выпуска и добычи.

Структура работы выглядит следующим образом. За обзором литературы следует описание алгоритма оценивания модели GVAR, состоящей из индивидуальных моделей для каждой страны и модели мирового рынка нефти. Далее приводятся импульсные отклики макроэкономических показателей на различные шоки для проверки валидности модели. В заключительной части работы исследуется влияние шока мировой пандемии на российский выпуск, а также приводится сценарный прогноз динамики российского ВВП в зависимости от силы экономических санкций.

1. Обзор литературы

Модель GVAR впервые была представлена в работе [Pesaran et al., 2004] как компактная эконометрическая модель, которая отражает взаимосвязь между макроэкономическими показателями внутри стран и механизмы распространения шоков между экономиками. Такой подход помогает решить проблему «проклятия размерности», которая возникает в стандартной VAR-модели. Авторы работы предлагают оценивать блок регрессий для каждой страны отдельно, считая иностранные переменные слабо экзогенными (это показывают и проведенные тесты). Кроме того, количество оцениваемых коэффициентов удастся снизить, агрегируя иностранные переменные (одного типа) с помощью весов из объемов торговли рассматриваемой страны с остальными экономиками. При данном подходе внешние шоки от других стран будут передаваться в соответствии с их весом в торговом балансе конкретной экономики. После оценивания индивидуальные модели объединяются в единую модель для получения откликов в ответ на шоки для всех стран. Авторы используют так называемые обобщенные импульсные отклики (GIRF), устраняющие зависимость откликов от порядка включения в модель стран и их рядов.

В работе [Dees et al., 2007] GVAR-модель рассматривается как альтернатива модели с ненаблюдаемыми переменными. Авторы изучают реакцию еврозоны как единой экономики на изменение денежно-кредитной политики в США и глобальные шоки. Было обнаружено, что шоки на финансовых рынках США очень быстро передаются еврозоне и величина отклика превышает величину первоначального шока, а шоки монетарной политики США не приводят к значимым для еврозоны последствиям. В работе [Dees et al., 2007] подчеркивается, что стандартная формулировка модели GVAR не позволяет оценить реакцию стран на структурные шоки конкретной экономики. Ортогонализировать шоки в рамках модели GVAR затруднительно из-за большого числа переменных. Авторы сравнивают результаты обобщенных и ортогонализированных откликов при условии, что структурными шоками будут выступать шоки экономики США, распространяющиеся далее на остальные экономики.

В работах [Dees et al., 2009; Dees et al., 2014] предлагается перейти к структурным шокам экономик, построив модель в отклонениях от долгосрочного равновесия с рациональными ожиданиями. Авторы с использованием данного подхода построили функции импульсных откликов для ВВП, инфляции и процентной ставки США и еврозоны в ответ на шоки мирового спроса и предложения.

В статье [Cashin et al., 2014] GVAR-модель модифицирована для идентификации структурных шоков спроса и предложения нефти со знаковыми ограничениями. При построении GVAR-модели цена на нефть считалась эндогенной для США и экзогенной для всех остальных стран. Авторы исследований [Mohaddes, Pesaran, 2016; Mohaddes, Raissi,

2019] продолжили работу с нефтяными шоками. Они дополнили набор стран крупнейшими экспортерами нефти (исключая Россию из-за недостаточно длинного временного ряда). При этом цена на нефть в их работах считается экзогенной для всех стран. В работе [Mohaddes, Pesaran, 2016] рынок нефти вынесен в отдельное уравнение и зависит от мирового уровня выпуска и мирового предложения нефти – агрегированных домашних переменных добычи нефти всех стран модели; авторы изучали влияние локальных шоков предложения сырья странами-экспортерами и оценили, в какой мере выпуски различных стран реагируют на шоки предложения нефти в Саудовской Аравии. В работе [Mohaddes, Raissi, 2019] исследовано воздействие шоков предложения нефти различными странами-экспортерами на нефтяные цены и уровни ВВП в остальных странах.

Модель GVAR широко используется для исследования реакции основных макроэкономических показателей на различные шоки. Например, в статье [Cesa-Bianchi, 2013] изучается влияние шоков спроса на жилые дома в США на экономику развитых и развивающихся стран. В работе [Gauvin et al., 2013] авторы исследовали, как шоки экономики Китая воздействуют на показатели других стран и, в особенности, на экспортеров сырья. В исследовании [Bettendorf, 2017] оценено, как шоки в США влияют на международную торговлю и глобальный дисбаланс. Авторы статьи [Neghad, Hosseini, 2017] исследовали влияние шоков нефтяных цен на уровень безработицы в странах и лаг, с которым монетарная политика государств реагирует на изменения. Авторы исследования [Jibril, Halas, 2019] выявили положительные эффекты от роста нефтяных цен на экономику Нигерии. В работе [Olayungbo, 2019] изучаются эффекты от торговой войны США и Китая на экономики некоторых африканских стран. Кроме нефти исследователи включали в модель и другие сырьевые товары. Например, Вей и Лахири [Wei, Lahiri, 2019] добавили цены на металлы и оценивали влияние сырьевых шоков на монетарную политику стран NAFTA.

Ряд работ посвящен изучению влияния пандемии COVID-19 на экономику различных стран с помощью моделей GVAR. В статье [Milani, 2021] автор на ежедневных данных оценил воздействие мер по социальному дистанцированию и ограничению передвижения на распространение COVID-19 и рост безработицы. Смит и др. [Smith et al., 2020] при помощи GVAR прогнозировали темпы экономического роста при альтернативных сценариях отсутствия пандемии, одной и двух волнах заражения, на основе чего далее строился условный прогноз выделения CO₂ в атмосферу. Расчеты показывают быстрое восстановление стран после пандемии, причем развивающиеся экономики обгоняют развитые страны в возвращении к прежним темпам роста. В работе [Chudik et al., 2020] для оценки воздействия шока COVID-19 применили пороговую GVAR-модель (TGVAR), в которой к нефтяным ценам дополнительной глобальной переменной добавляется волатильность на финансовом рынке. В результате получен прогноз на 2020 г. с сильным падением ВВП всех стран, хотя развивающиеся азиатские страны испытают его в меньшей степени. В развитых экономиках ожидается значительное падение процентных ставок.

При построении GVAR-моделей одним из важных этапов оценивания является выделение коинтеграционных соотношений для каждой экономики. В работах [Pesaran et al., 2004; Dees et al., 2007] и других авторов данные соотношения строятся для оценивания долгосрочных зависимостей между макроэкономическими показателями и отделения их от краткосрочных эффектов. Авторы обычно пользуются статистическими тестами для определения коинтеграции, мы предлагаем их выделение с использованием теоретических и эмпирических исследований по данной теме.

Существует ряд работ по поиску долгосрочных связей между различными факторами, обычно включаемыми в GVAR-модель, которые стоит учесть при построении коинтеграционных соотношений. В работе [Lee, 2005] для развивающихся экономик было выявлено положительное влияние потребления энергоносителей на экономический рост и в долгосрочном, и в краткосрочном периодах. Обратная зависимость энергопотребления от ВВП не была обнаружена. Нараян и Смит [Narayan, Smith, 2008] исследовали те же факторы в странах G7 и получили схожие с авторами работ [Lardic, Mignon, 2006; 2008] результаты, что рост нефтяных цен ведет к падению темпов роста ВВП в странах G7. При оценивании долгосрочного соотношения для российского уровня ВВП цена нефти включается как один из важнейших факторов развития экономики. Казакова и Синельников-Мурылев (2009) разделяли темпы роста ВВП на структурную и конъюнктурную компоненты с учетом влияния нефтяных цен на развитие российской экономики и динамики российских инвестиций. Другой важной особенностью российского выпуска является наличие структурных сдвигов. Авторы работ [Дробышевский и др., 2018; Ломиворотов, 2014; Пестова, Мамонов, 2016; Полбин, Скроботов, 2016; Полбин, 2020] оценивают наличие, как минимум, двух изломов в тренде для уровня ВВП с 1995 по 2015 гг. и возможное замедление темпов роста в связи с ухудшением внешнеэкономической ситуации после 2014 г.

Божечкова и Трунин (2016) привели обзор работ по изучению долгосрочных соотношений для реального обменного курса. Авторы выделяют факторы со стороны предложения (эффект Балассы – Самуэльсона при различном соотношении цен торгуемых и неторгуемых товаров) и со стороны спроса (иностранные активы, государственные расходы, условия на мировом рынке). Для оценивания коинтеграционного соотношения реального курса России авторы используют дифференциал производительности труда России и Германии, цену на нефть, отношение государственных расходов к ВВП, чистый отток частного капитала. В результате получено положительное влияние относительной производительности труда, нефтяных цен и госрасходов, отрицательное влияние вывоза капитала на реальный курс.

2. Построение GVAR-модели

2.1. Общий вид GVAR-модели

В исследованиях [Dees et al., 2007; Mohaddes, Pesaran, 2016] и других работах предлагается стандартный подход для оценивания индивидуальных уравнений модели GVAR в виде

$$x_{it} = a_{i0} + a_{i1}t + \sum_{l=1}^{p_i} \Phi_i x_{i,t-l} + \Lambda_{i0} x_{it}^* + \sum_{l=1}^{q_i} \Lambda_{il} x_{i,t-l}^* + \Psi_{i0} d_t + \sum_{l=1}^{s_i} \Psi_{il} d_{t-l} + \varepsilon_{it},$$

где x_{it} – вектор эндогенных домашних переменных i -й страны; x_{it}^* – взвешенные переменные других стран относительно i -й, которые являются слабо экзогенными для нее; d_t – вектор глобальных экзогенных переменных, например, цены на нефть.

Для построения индивидуальных моделей рассматриваемых N экономик обычно используется следующий набор переменных: $x = (y, \pi, q, rer, r, qoil)'$, где y – реальный ВВП; π – инфляция; q – реальный фондовый индекс; rer – реальный обменный курс национальной валюты относительно доллара США; r – номинальная краткосрочная процентная ставка; $qoil$ – объемы добычи нефти.

Не все переменные обязаны присутствовать в каждой индивидуальной модели, например, добычу нефти $qoil$ имеет смысл использовать только для стран – экспортеров нефти. Если у страны нет достаточно длинного исторического ряда для устойчивого внутреннего фондового рынка или рынка долгосрочных ценных бумаг, то данные показатели также не включаются.

Для решения проблемы сверхпараметризации авторы работы [Pesaran et al., 2004] предложили агрегировать слабо экзогенные переменные путем взвешивания. В данном случае мы взвешиваем иностранные показатели (за исключением $qoil$) следующим образом:

$y_{it}^* = \sum_{j=1}^N w_{ij} y_{jt}$, $w_{ii} = 0$, где w_{ij} – вес, с которым j -я страна воздействует на i -ю.

Авторы оригинальной модели предлагают брать веса из торгового баланса: для каждой пары стран $w_{ij} = \frac{Export_{ij} + Import_{ij}}{Export_i + Import_i}$. Если вес – доля торговли со страной j в общей торговле страны i , то при распространении шоков большее влияние на страну i окажут те экономики, которые сильнее с ней связаны.

Из-за нестационарности рядов x_{it} (см.: [Dees et al., 2007] и др.) оценивание модели проводится в форме модели коррекции ошибок с экзогенными переменными (VECMX) с некоторым количеством долгосрочных соотношений ECM_{it} в модели

$$\begin{aligned}
 \Delta x_{it} = & a_{i0} + \alpha_{i1} ECM_{i,t-1} + \Lambda_{i0} \Delta x_{it}^* + \Psi_{i0} \Delta d_t + \sum_{l=1}^{p_i} \Phi_{il} \Delta x_{i,t-l} + \\
 (1) \quad & + \sum_{l=1}^{q_i} \Lambda_{il} \Delta x_{i,t-l}^* + \sum_{l=1}^{s_i} \Psi_{il} \Delta d_{t-l} + u_{it}, \\
 ECM_{it} = & -\beta'_i \left((x'_{it}, x'^*_{it}, d'_{it})' - \gamma'_i t \right) = \beta'_{ix} x_{it} + \beta'_{ix^*} x^*_{it} + \beta'_{id} d_t + \beta'_i \gamma_i t.
 \end{aligned}$$

Для каждой страны с помощью теста Йохансена определяется количество коинтеграционных соотношений, что выражается в ранге матрицы β_i . Далее коэффициенты индивидуальной страновой модели оцениваются с помощью метода наименьших квадратов. После получения оценок коэффициентов модели (1) слабая экзогенность внешних переменных проверяется тестированием значимости $\gamma_{ij,l}$ в уравнении (2) для каждого из показателей, формирующих x_{it} .

$$(2) \quad \Delta x_{it,l}^* = \mu_{il} + \sum_{j=1}^{r_i} \gamma_{ij,l} ECM_{i,t-1}^j + \sum_{k=1}^{p_i} v_{ik,l} \Delta x_{i,t-k} + \\ + \sum_{k=1}^{q_i} \tau_{ik,l} \Delta x_{i,t-k}^* + \sum_{k=1}^{s_i} v_{ik,l} \Delta d_{t-k} + \varepsilon_{it,l},$$

Оцененные индивидуальные модели (1) можно представить в следующем виде:

$$A_i(L)z_{it} = \phi_{it}, \\ z_{it} = (x'_{it}, x'^{*}_{it})', \phi_{it} = a_{i0} + a_{i1}t + \sum_{i=1}^N \Psi_i d_t + u_{it}.$$

Для каждой страны формируется матрица $W_i = (W_{i1}, \dots, W_{iN})$, $W_{ii} = 0$ так, чтобы $z_{it} = W_i x_t$, $x_t = (x'_{1t}, \dots, x'_{Nt})'$. Тогда индивидуальные модели записываются как

$$A_i(L)W_i x_t = \phi_{it},$$

а вместе образуют единую GVAR-модель

$$G(L)x_t = \phi_t, \\ G(L) = \begin{pmatrix} A_1(L)W_1 \\ \dots \\ A_N(L)W_N \end{pmatrix}, \phi_t = \begin{pmatrix} \phi_{1t} \\ \dots \\ \phi_{Nt} \end{pmatrix}.$$

В данной работе мы используем обобщенные импульсные отклики (GIRF), предложенные [Кооп et al., 1996] и адаптированные для VECM-оценивания [Pesaran, Shin, 1998], впоследствии часто используемые для работы с моделями GVAR. Преимущество GIRF по сравнению с ортогональными импульсными откликами (OIR, используемыми, например, для построения откликов в SVAR-моделях [Sims, 1980]) в том, что не требуется проводить ортогонализацию шоков и упорядочивание переменных всех стран.

Преобразованная в форме векторной авторегрессии модель

$$(3) \quad Gx_t = Hx_{t-1} + \dots + a_0 + a_1 t + \sum_{i=1}^N \Psi_i d_t + u_t, u_t \sim IID(0, \Sigma_u)$$

может быть использована для прогнозирования и получения функций импульсных откликов. Например, для моделирования некоторого шока формируется вектор a_t с весами для всех переменных глобальной модели. Для переменных, не подвергающихся шоку мгновенно, веса равны нулю. Для остальных показателей веса формируются в соответствии с предположениями о природе шока.

В нулевой момент времени величина отклика модели в форме (3) представлена в виде (4). Значения в остальные моменты времени вычисляются из формулы (3) рекурсивно.

$$(4) \quad \varphi(0, x : u_l^{global}) = \frac{G^{-1} \sum_u a_l}{\sqrt{a_l' \sum_u a_l}}.$$

Рассматриваемая модель предполагает, что данные представлены в виде сбалансированной панели, а ковариационная матрица состоит из попарных ковариаций между всеми показателями всех стран на одном и том же временном промежутке. Мы же хотим включить в модель Россию, данные по которой доступны на более коротком периоде, чем по всем остальным странам. Для этого по всем переменным модели, кроме российских, ковариация рассчитывается на более длинных доступных рядах, как и раньше: в модели (1) без России на длинных рядах вычисляются \tilde{u}_i и строится матрица вида

$$\begin{pmatrix} \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_1) & \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_2) & \dots & \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_N) \\ \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_2) & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_N) & \dots & \dots & \text{cov}(\tilde{u}_N, \tilde{u}_N) \end{pmatrix}.$$

На следующем шаге модель (1) оценивается на коротких рядах и для всех стран, включая Россию, вычисляется u_i . Далее в ковариационную матрицу добавляются столбцы и строки для u_{rus} :

$$\Sigma_u = \begin{pmatrix} \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_1) & \dots & \text{cov}(u_1, u_{rus}) & \dots & \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{cov}(u_1, u_{rus}) & \dots & \text{cov}(u_{rus}, u_{rus}) & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{cov}(\tilde{u}_1, \tilde{u}_N) & \dots & \dots & \dots & \text{cov}(\tilde{u}_N, \tilde{u}_N) \end{pmatrix}.$$

Таким образом, мы можем строить функции импульсных откликов, учитывая доступную информацию на временных периодах максимально возможной длины.

2.2. Индивидуальная модель для России

Особое внимание при построении GVAR-модели следует уделить индивидуальной модели для российской экономики, так как она является предметом наибольшего интереса. Стандартная модель GVAR предполагает возможное наличие коинтеграционного соотношения не только между домашними переменными, но и между домашними и иностранными переменными. Поэтому обычно для стран в долгосрочном соотношении уча-

ствуют компоненты x^* . Для российской экономики исследования не подтверждают устойчивые взаимосвязи с какими-либо макроэкономическими показателями (приведенные в обзоре теоретические и эмпирические работы показывают, что тренда со сдвигом и цены на нефть достаточно для объяснения устойчивого роста выпуска). Поэтому предлагается рассматривать в качестве долгосрочного соотношения модель

$$y_{rus,t} = c + \mu_0 dt_{0t} \cdot t + \gamma dt_{1t} + \mu_1 dt_{1t} \cdot t + \beta poil_t + \varepsilon_{1t},$$

где dt_{0t} – дамми-переменная для периода до структурного сдвига в III квартале 2007 г.; dt_{1t} – дамми-переменная для периода после сдвига (оценки из работ: [Полбин, Скроботов, 2016; Полбин, 2020]).

Обозначив $\mu = \mu_0 dt_{0t} \cdot t + \mu_1 dt_{1t} \cdot t$, модель можно представить как

$$\Delta y_{rus,t} = \mu_t + \gamma \Delta dt_{1t} + \alpha ECM_{1,t-1} + \eta (\Delta y_{rus,t-1} - \mu_{t-1} - \gamma \Delta dt_{1,t-1}) + \\ + \rho_1 \Delta rer_{rus,t-1} + \rho_2 \Delta y_{rus,t}^* + \theta \Delta poil_t + \varepsilon_{1t}.$$

По аналогии с работой [Fokin, Polbin, 2019] для очистки ряда выпуска от тренда введем переменную вида $\Delta y_{long,t} = \Delta y_t - \mu_t - \gamma \cdot \Delta dt_{1t}$ и преобразуем уравнение с добавлением возможных факторов изменения уровня ВВП. Иностраный ВВП y^* аналогичным образом очищается от тренда для получения $\Delta y_{long,t}^*$. После кризиса 2007 г. темпы роста мирового ВВП не изменились, но так как y^* рассчитывается для средневзвешенного торгового партнера России, нет противоречия в том, что в иностранном выпуске есть некоторый структурный сдвиг, который мы также выделяем.

Полученное уравнение в форме модели коррекции ошибок оценивается с помощью метода наименьших квадратов для дальнейшего получения импульсных откликов:

$$\Delta y_{long,t} = c + \alpha ECM_{1,t-1} + \eta \Delta y_{long,t-1} + \rho_1 \Delta rer_{t-1} + \rho_2 \Delta y_{long,t}^* + \theta_1 \Delta poil_t + \theta_2 \Delta poil_{t-1} + \varepsilon_t.$$

В соответствии с работами [Трунин и др., 2010; Божечкова, Трунин, 2016] и др., на долгосрочный реальный эффективный курс рубля влияют такие переменные, как дифференциал производительности труда, чистые иностранные активы и условия торговли. Иностранные активы не входят в набор показателей для стандартной GVAR-модели. В качестве прокси для условий торговли в моделях, как правило, используется цена на нефть $poil$ (товар, приносящий существенную долю экспортных доходов). Важно отметить, что в модели для каждой страны используется курс отечественной валюты относительно доллара. Включение эффективного курса в GVAR-подходе не требуется, так как в общем случае для индивидуальных моделей формируется переменная $rer_{it}^* = \sum_j w_{ij} rer_{jt}$, которая и является, по сути, эффективным обменным курсом.

Условия торговли являются не единственным фактором, определяющим долгосрочную динамику обменного курса. Для включения российского курса в глобальную модель мы используем ВВП России $y_{rus,t}$ и выпуск усредненного торгового партнера $y_{rus,t}^*$. Коинтеграционная связь между внутренним ВВП и внешним может быть объяснена тем, что последний является прокси-переменной для внешнего спроса и предложения. Чистые финансовые активы не входят в стандартный набор переменных модели GVAR, но, как показывает оценивание, перечисленные переменные имеют достаточную объясняющую силу для обменного курса $rer_{rus,t}$:

$$rer_{rus,t} = c + \phi_1 y_{rus,t} + \phi_2 y_{rus,t}^* + \beta poil_t + \varepsilon_{2t}.$$

В предположении, что краткосрочное влияние на курс осуществляется через изменение цены на нефть, векторная модель коррекции ошибок для курса рубля записывается в виде

$$\Delta rer_{rus,t} = c + \alpha ECM_{2,t-1} + \theta_1 \Delta poil_t + \theta_2 \Delta poil_{t-1} + \varepsilon_{2t}.$$

Коэффициенты модели в уровнях (долгосрочное соотношение) при показателях российского и внешнего выпусков оказались значимы. Данная спецификация позволяет придерживаться теоретических предпосылок о долгосрочном соотношении для валютного курса и оставаться в рамках GVAR-подхода.

Для российской модели внутри модели глобальной экономики мы не используем финансовые показатели, так как в научной литературе не выявлено значительного влияния финансовых шоков на реальные макропоказатели российской экономики. Например, в работе [Pestova, Mamonov, 2019] по исследованию эффекта санкций в 2014 г. авторы отмечают значимое, но малое влияние финансовых ограничений на российскую экономику. К схожему выводу приходят авторы работы [Зубарев, Рыбак, 2020], анализируя влияние премии за риск (связанной в том числе с финансовыми санкциями) на российские макроэкономические показатели и делая вывод, что шоки премии за риск оказывают значимый эффект на выпуск, но вклад их оказывается незначительным.

2.3. Спецификация локального предложения нефти странами-экспортерами

В работе [Mohaddes, Pesaran, 2016] предложение нефти в стране-экспортере определяется растущим во времени мировым спросом на нефть, чему соответствует включенный в уравнение тренд. Кроме того, предполагается, что объемы добычи нефти зависят от текущих значений выпуска, цен на нефть и остальных переменных модели.

В действительности, предложение нефти – достаточно инерционная величина, возможность резко изменять добычу ограничена в большинстве стран. У некоторых экспортеров нефти наблюдается снижение предложения объемов добычи в ответ на различные шоки, но связано оно скорее с потерей доли нефтяного рынка и переходом ее к крупным игрокам. В работе [Kilian, 2017] показано, что Саудовская Аравия, одна из стран, способных быстро изменять уровень добычи нефти, предпочитает реагировать на шоки спроса операциями с чистыми иностранными активами, а не изменением непосредственно до-

бычи. Построенная в существующих работах модель GVAR также не отражает наличие жестких соглашений и квот, не позволяющих странам менять уровень добычи нефти. Кроме того, Килиан [Kilian, 2017] пишет о сложностях стран-экспортеров поддерживать стовор по ограничению добычи, так как некоторые страны отклоняются от соглашений, чтобы не терять выручку. Учитывая вышесказанное, мы предлагаем следующую спецификацию модели коррекции ошибок для предложения нефти со стороны стран-экспортеров, убрав из нее одномоментные переменные, что подчеркивает инерционность $qoil$:

$$(5) \quad \Delta qoil_{it} = c_i + \alpha ECM_{i,t-1} + \beta \Delta y_{i,t-1}^* + \nu \Delta qoil_{i,t-1} + \phi_1 \Delta poil_{t-1} + \phi_2 \Delta poil_{t-2} + \varepsilon_{it}.$$

В стандартной модели предполагается, что в коинтеграционном соотношении для каждой экономики участвуют все домашние переменные. Добавим дополнительное соотношение для предложения нефти, обусловленное только ценой на нефть и трендом, который отражает рост предложения нефти с ростом мировой экономической активности и соответствующим ростом спроса на нефть:

$$qoil_{it} = c + \mu t + poil_t + v_{it}.$$

В спецификации (5) не учитываются возможные структурные сдвиги для предложения нефти странами-экспортерами, хотя эта информация позволила бы уточнить оценивание. Что касается долгосрочного соотношения для объема добычи нефти в России, то мы используем подход, аналогичный выделению структурного сдвига в тренде для реального ВВП:

$$qoil_{rus,t} = c_{rus} + \mu_0 dt_{0t} \cdot t + \gamma dt_{1t} + \mu_1 dt_{1t} \cdot t + \beta poil_t + \varepsilon_{rus,t},$$

где dt_{0t} – дамми периода до $T_{rus} = 2007q3$; dt_{1t} – дамми периода, начиная с T .

Дополнительно в работе выделяется структурный сдвиг для США, связанный со сланцевой революцией и приведший к резкому росту объемов добычи нефти. Из оценок в работе [Kilian, 2017] мы делаем предположение, что разворот в долгосрочном тренде произошел в $T_{us} = 2008q3$.

Мы не включаем в долгосрочное соотношение для объемов нефти мировой или домашний выпуск, так как допускаем, что хотя спрос и оказывает некоторое влияние на добычу нефти в стране, однако долгосрочная динамика добычи определяется еще и собственными трендами, так как процесс освоения новых месторождений является предметом длительного планирования и требует крупных и длительных инвестиций, поток которых иногда нецелесообразно прерывать даже на фоне временных шоков мирового спроса. Кроме того, коинтеграция между показателями добычи и уровнями ВВП домашних и внешних экономик не обнаружена.

2.4. Спецификация уравнения глобального спроса на нефть

По аналогии с работами [Mohaddes, Pesaran, 2016; Mohaddes, Raissi, 2019] мы добавляем к полученной GVAR-модели отдельное уравнение для цены на нефть в виде

$$(6) \quad \Delta \text{poil}_t = c + \sum_{l=1}^p \alpha_l \Delta \text{poil}_{t-l} + \sum_{l=0}^q \beta_l \Delta Y_{t-l} + \sum_{l=0}^r \gamma_l \Delta Q_{t-l} + v_t,$$

где цена на нефть poil_t зависит от своих лагов, а также от мирового спроса Y_t и предложения нефти Q_t соответственно. Данные ряды получены аналогично переменным x_t^* , но весами выступают доли стран модели в объемах мировой торговли для Y_t и доли стран-экспортеров нефти в общем объеме добычи нефти для Q_t .

В работах [Mohaddes, Pesaran, 2016; Mohaddes, Raissi, 2019; Chudik et al., 2020] уравнение рынка нефти оценивается в виде, схожем с (6), но без включения одномоментных значений выпуска и добычи нефти для удобства включения спроса на нефть в глобальную модель. Мы в данной работе предполагаем, что цена на нефть способна быстро реагировать на изменения спроса и предложения на рынке.

Модель (6) не позволяет оценивать функции импульсных откликов аналогично индивидуальным моделям, так как не предполагает экзогенности мирового уровня выпуска Y_t и объемов добычи Q_t . Отчасти проблема решается предложенной спецификацией модели предложения нефти (5), которая не включает в себя одномоментных значений выпуска и цены на нефть. Модели для индивидуальных выпусков включают в себя текущие значения нефтяных цен, что приводит к эндогенности Y_t и poil_t . Однако для решения данной проблемы можно предположить, что реальный выпуск стран не успевает реагировать на быстрое изменение нефтяных цен. В рамках данной предпосылки мы убираем из индивидуальных моделей для выпуска y_{it} одномоментные значения цены на нефть poil_t , оставляя при этом лаги цены.

Модель глобальной экономики оценивается в MATLAB с помощью пакета GVAR Toolbox [Smith, Galesi, 2011].

3. Данные

В качестве домашних переменных, аналогично работе [Mohaddes, Pesaran, 2016] для рассматриваемых экономик (см. табл. 1, страны Евросоюза и страны GCC+ в модели объединены в соответствующие блоки и рассматриваются как единые экономики) используются следующие показатели: $x = (y, \pi, q, \text{rer}, r, \text{qoil})'$, где y – реальный ВВП; π – инфляция; q – реальный фондовый индекс; rer – реальный обменный курс национальной валюты относительно доллара США; r – номинальная и краткосрочная процентная ставка; qoil – объемы добычи нефти.

Переменные для всех стран получены из квартальных данных (для России за 1999–2020 гг., для остальных стран за 1979–2020 гг.). Данные по выпуску, ИПЦ, фондовому индексу, ставкам и цене на нефть взяты из баз IMF² и OECD³. Данные по объемам добычи

² International Monetary Fund, International Financial Statistics <https://data.imf.org/>

³ Organisation for Economic Co-operation and Development <https://stats.oecd.org/>

нефти взяты в EIA⁴. Ряды для реального выпуска, ИПЦ и фондового индекса очищены от сезонности с помощью процедуры X-13ARIMA-SEATS. При наличии только годовых данных на некоторых промежутках ряды интерполированы в соответствии с процедурой, описанной в работе [Dees et al., 2007]. Объемы экспорта и импорта для каждой страны взяты из базы данных IMF⁵, для расчета соответствующих весов для всех стран используется усредненная статистика за 2016–2018 гг.

Временной ряд для России взят за период 1999q1–2020q4. Период с 1979–1991 гг. относится к стране с другим устройством экономики и не отражает современную структуру. Период 1991–1998 гг. можно считать переходным, с наблюдавшимся трансформационным сдвигом. Из-за короткого по сравнению с другими странами временного промежутка измерений в GVAR-модели приходится сокращать количество переменных для оценивания. В уравнение для России включаются лишь уровень реального ВВП, реальный обменный курс и объемы добычи нефти в стране. Данные переменные являются ключевыми для описания системы отечественной экономики и ее связей с глобальной экономикой.

Таблица 1.

Страны, включенные в модель

| Развитые экономики | Страны Азии | Страны Латинской Америки |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <i>Евросоюз (в составе):</i> | Китай | Аргентина |
| Германия | Индия | Бразилия |
| Нидерланды | Индонезия | Чили |
| Франция | Малайзия | Мексика |
| Бельгия | Таиланд | Перу |
| Италия | | |
| Австрия | Страны Европы | Страны Африки |
| Испания | Россия | ЮАР |
| Финляндия | Турция | |
| США | | |
| Япония | Восток и Центральная Азия | |
| Великобритания | Саудовская Аравия | Иран |
| Южная Корея | | |
| Канада | Страны GCC+ | |
| Австралия | Бахрейн | Оман |
| Сингапур | Кувейт | Катар |
| Швейцария | ОАЭ | Алжир |
| Швеция | Ливия | |
| Норвегия | | |
| Новая Зеландия | | |

⁴ Energy Information Administration <https://www.eia.gov/international/data/world/>

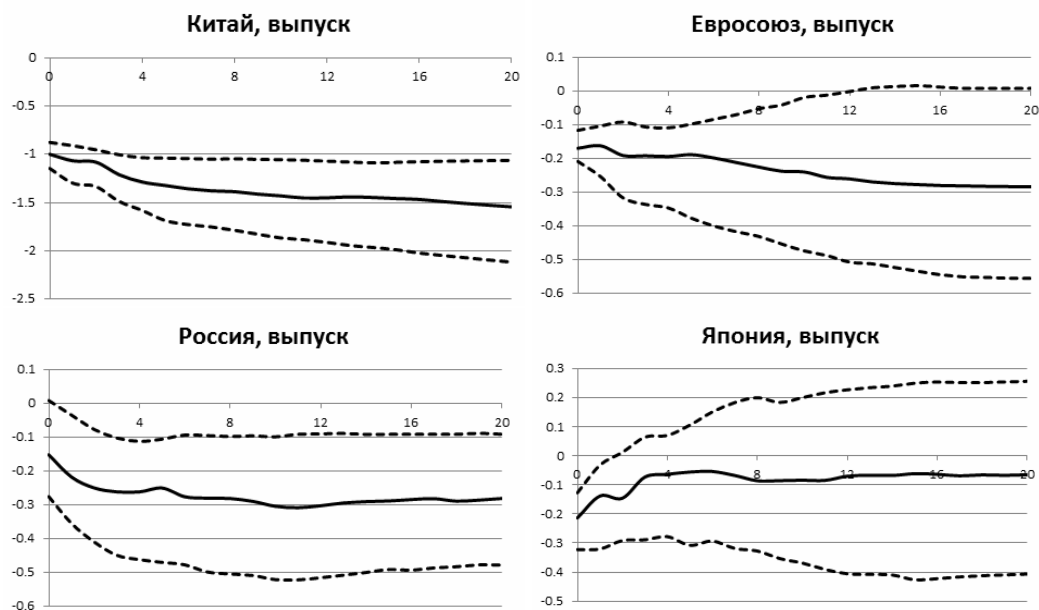
⁵ International Monetary Fund, Direction of Trade Statistics <https://data.imf.org/>

4. Импульсные отклики на макроэкономические шоки

В данной работе мы рассматриваем крупные внешние локальные макроэкономические шоки, потенциально важные для российской экономики (и для остального мира): локальный (отрицательный) шок ВВП Китая и локальный (отрицательный) шок США. Функции импульсных откликов представлены для периода в 20 кварталов, однако наиболее интересными и валидными являются оценки для краткосрочного периода (примерно 2 года). Отклики получены в ответ на шоки в размере одного стандартного отклонения соответствующей величины. На графиках указаны 68-процентные доверительные интервалы и медианный отклик, полученные на основании процедуры бутстрапирования.

4.1. Шок ВВП Китая

Рассмотрим негативный шок уровня ВВП Китая, который для удобства интерпретации пересчитан из одного стандартного отклонения в 1% ВВП (рис. 1). При падении выпуска в Китае на 1% к предыдущему кварталу остальные страны значимо реагируют снижением выпуска. Например, ВВП России, еврозоны, Японии и Великобритании в момент шока испытывают падение на 0,2%, США – 0,1%. Через год после возникновения шока изменения в выпуске США и Японии становятся незначимыми, у остальных стран ВВП продолжает снижение.



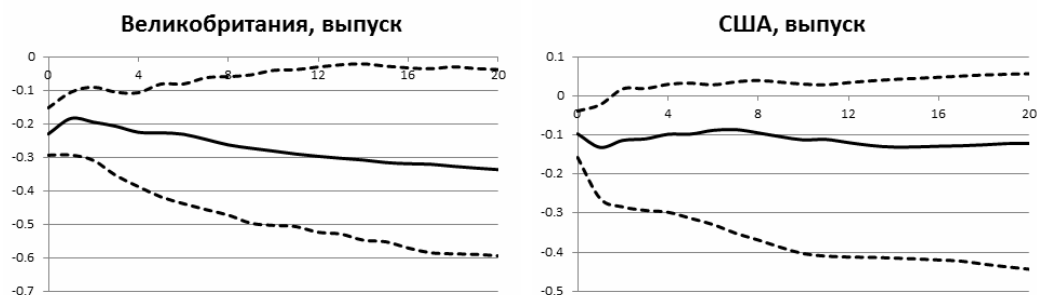


Рис. 1. Негативный шок ВВП Китая: выпуск

По рис. 2 вызванное шоком выпуска в Китае мгновенное падение цены на нефть составляет 1%. Далее снижение цены продолжается и через год достигает 2,5% к предыдущему кварталу. При этом объемы добычи в основных странах-экспортерах не испытывают значимых изменений. Полученные отклики соответствуют сделанному при построении модели предположению о сильной инерционности выпуска нефти в ряде стран-экспортеров.

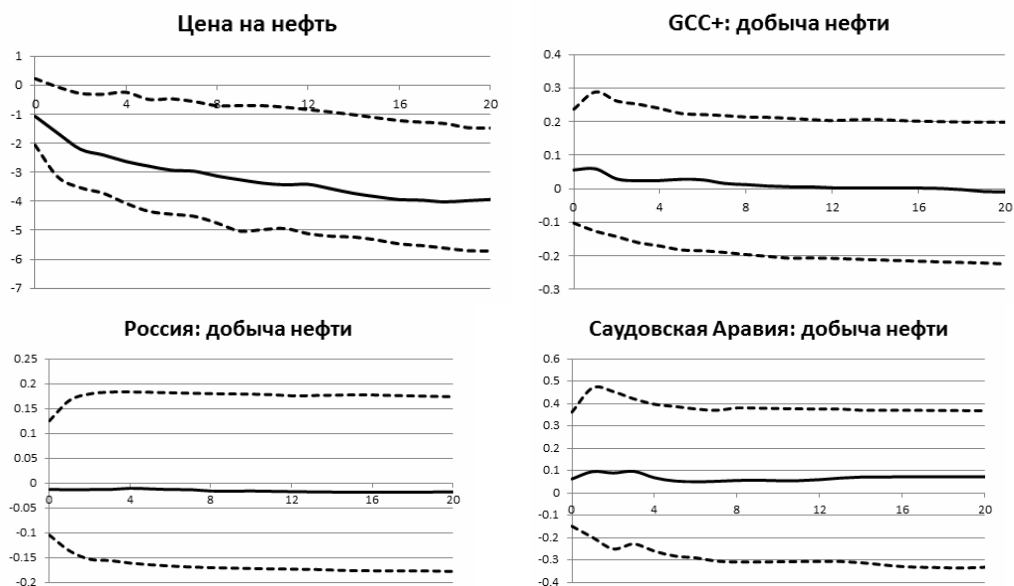


Рис. 2. Негативный шок ВВП Китая: цена и объемы добычи нефти

4.2. Шок ВВП США

При шоке ВВП США, соответствующем падению выпуска в США на 1% к предыдущему кварталу, страны также значимо реагируют снижением своего выпуска (рис. 3). Из графиков видно, что еврозона мгновенно реагирует падением на 0,25% с последующим

снижением на 0,5% к концу первого года. На второй год после шока падение остается таким же. Реакция России составляет $-0,3\%$ к предыдущему кварталу на конец первого года после шока с некоторым восстановлением к концу второго года. Выпуск в Китае падает на 0,2% в момент шока, а через год после его возникновения изменение становится незначимым.

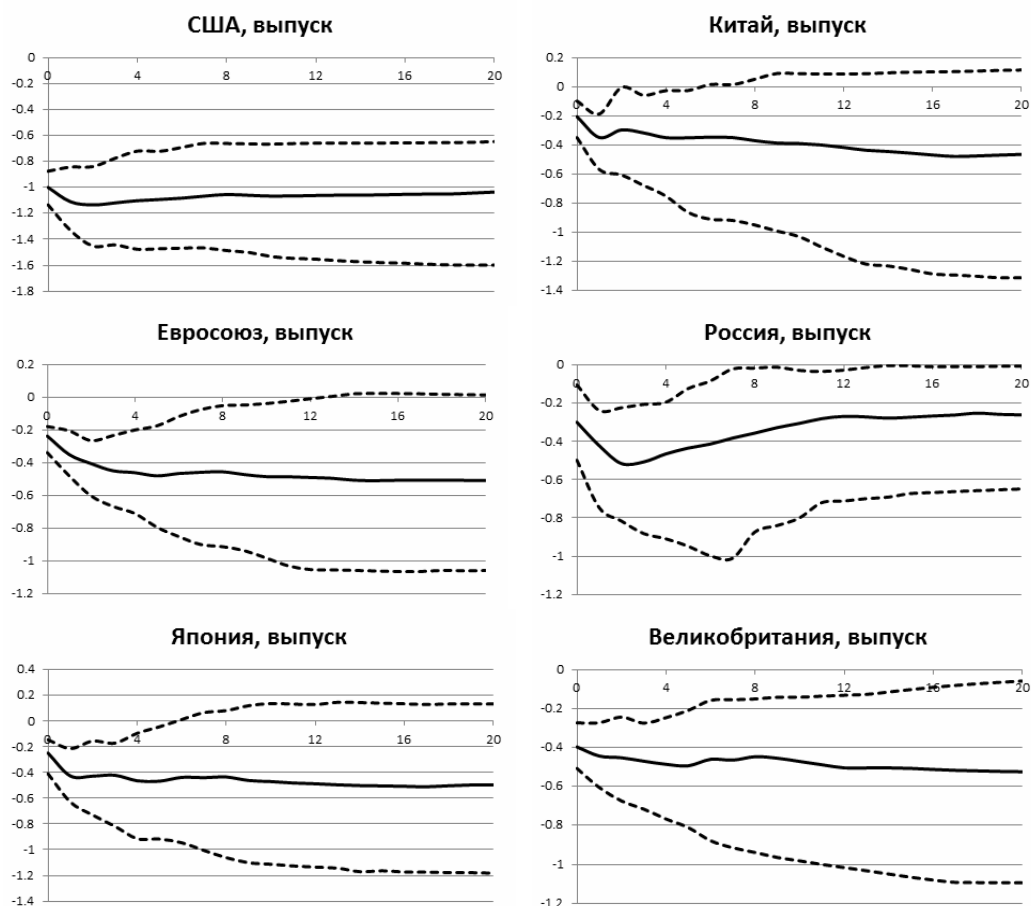


Рис. 3. Негативный шок ВВП США: выпуск

Цена на нефть (см. рис. 4) падает на 1,5% в момент шока выпуска в США, а к концу первого года падение составляет около 3% к предыдущему кварталу. Отклики объемов добычи нефти на шок незначимы для большинства стран, только Иран реагирует небольшим наращиванием добычи в течение нескольких кварталов на первый год после шока.

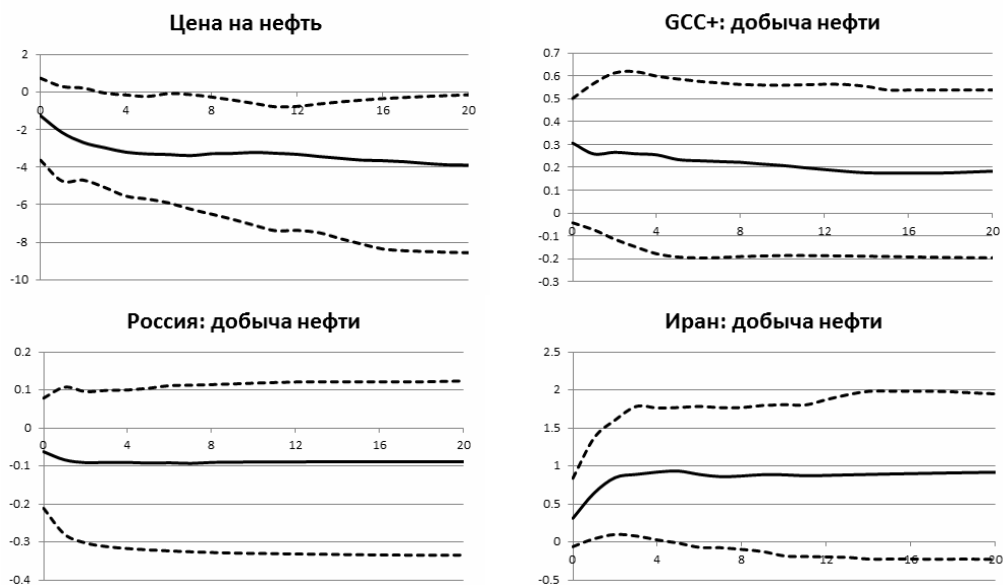


Рис. 4. Негативный шок ВВП США: цена и добыча нефти

5. Прогнозирование выпуска в экономике Российской Федерации в кризисные периоды

Модель глобальной векторной авторегрессии позволяет строить различные прогнозы развития мировой экономики в условиях шоков, например, глобального шока пандемии. Для построения условного прогноза в качестве входных данных мы используем предполагаемые IMF-темпы падения выпусков всех стран (из модели), кроме России, а также прогнозируемую динамику цен на нефть. Конкретно, используются фактические данные по 2020 г. и прогнозы на 2021 г. из доклада IMF⁶ (апрель 2021 г.).

Прогнозы получаются из формулы (3) рекурсивно, если подставлять вместо лагов фактические или полученные на предыдущем шаге значения. Полученные квартальные темпы роста в сравнении с фактическими значениями за 2021 г. приведены на рис. 5. По нашим расчетам, в 2020 г. российский выпуск должен был упасть на 1,7% по причине внешних факторов и вырасти на 5,15% в 2021 г. Фактическое падение в 2020 г. составило 2,7%, (IMF прогнозировал падение на 3,1%), а в 2021 г., по предварительным оценкам Росстата, ВВП вырастет на 4,7% (прогноз IMF для России на 2021 г. составлял 3,8%).

Существенная разница между нашими прогнозами и реальными значениями падения выпуска в 2020 г. может быть объяснена тем, что условный прогноз в модели GVAR оценивает только внешние эффекты на экономику России: падение выручки от нефти из-

⁶ World Economic Outlook, April 2021: Global Economy on Firmer Ground, but with Divergent Recoveries Amid High Uncertainty. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/03/23/world-economic-outlook-april-2021>

за падения цены и снижение мирового спроса. Оставшееся же снижение ВВП объясняется внутренней реакцией на пандемию, связанной с самим заболеванием и ограничительными мерами. В 2020 г. такие внутренние ограничения были наиболее существенными. Наш прогноз на 2021 г., количество ограничительных мер в который в России было уже значительно меньшим, напротив, оказался достаточно точным, особенно в сравнении с прогнозом IMF.



Рис. 5. Поквартальные темпы роста выпуска России на 2020q1–2021q4: условный прогноз и фактические данные

Рассмотренные прогнозы свидетельствуют о достаточно хороших прогнозных свойствах рассматриваемой модели в контексте построения сценариев, связанных влиянием внешних факторов на экономику России. Введение экономических санкций в феврале – марте 2022 г. окажет сильное негативное влияние на российский выпуск. Целесообразно оценить, насколько снизится российский ВВП в ответ на резкое прекращение торговых отношений с крупными партнерами.

Для расчета изменения ВВП России под воздействием санкций мы рассматриваем сценарий, в рамках которого страны ЕС, США, Великобритания, и Япония – крупнейшие торговые партнеры России – резко снижают объемы торговли с нашей страной, а торговля с Китаем растет. В качестве дополнительного эффекта санкций мы учитываем дисконт на российскую нефть по сравнению с ценой на нефть сорта Brent. Несмотря на то, что потолок цен был введен только в начале декабря 2022 г., нефть Urals начала продаваться с существенным дисконтом уже в марте из-за сложностей с оплатой и логистикой. Прогнозы строились на четыре квартала вперед, в течение которых рассматриваемые предпосылки были бы действительными. При построении сценариев мы предполагаем неизменным уровень добычи нефти в России. С одной стороны, ряд стран Европы и США отказались от закупок российской нефти, однако мы видим, что произошла некоторая переориентация экспорта российской нефти на рынки Индии и Китая. Для прочих же товаров, в особенности высокотехнологичных, переориентация явно затруднена. Соответственно предполагается, что сокращение объемов торговли прочими товарами помимо нефти с рас-

смастриваемым набором стран-партнеров окажет прямое воздействие на выпуск в российской экономике через сокращение внешнего спроса на отечественные товары и через сокращение поставок импортных комплектующих и высокотехнологичных товаров. Рост цен на отдельные виды продукции, являясь по сути негативным трансфертом богатства в экономику, также окажет понижающее давление на внутренний спрос.

По данным торговой статистики, опубликованным в январе 2023 г. в отчетах национальных статистических служб ряда стран, можно количественно оценить сокращение торговли России со странами-партнерами (см. табл. 2).

Таблица 2.

Изменения во внешней торговле России за апрель–ноябрь 2022 г., %

| | Доля торговли в 2021 г. | Экспорт | Импорт |
|------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| | | апрель–ноябрь | апрель–ноябрь |
| ЕС | 35,0 | +11 | –43 |
| Китай | 19,7 | +53 | +9 |
| Германия** | 7,7 | –1 | –53 |
| США** | 4,8 | –69 | –86 |
| Италия** | 4,0 | +57 | –28 |
| Великобритания** | 3,0 | –87 | –74 |
| Япония** | 2,7 | +33 | –43 |

Примечание. ** – страны, наложившие санкции.

Источник: расчеты авторов.

При построении прогноза мы предполагаем сохранение ситуации в торговле и дополнительное снижение нефтяных доходов России, соответствующее 15-процентному дисконту российской нефти к цене Brent. В итоге мы получаем, что падение отечественного выпуска составит около 3,3% в 2022 г. и 3,0% в 2023 г. Важно понимать, что данный сценарий отражает лишь непосредственно эффект от изменения объемов торговли с рядом ключевых торговых партнеров и падений нефтяной выручки, однако он не учитывает, например, положительный эффект от наращивания государственных расходов в 2022 г.

Выводы

В данной работе мы сконструировали модель глобальной векторной авторегрессии GVAR, особенностями которой является включение российской экономики, а также новая предложенная нами спецификация спроса и предложения нефти, в которой объем добычи нефти в соответствующих странах реагирует только на лаги цены на нефть и объемов добычи нефти, в то время как цена на нефть может моментально изменяться в ответ на шоки уровня мировой деловой активности и выпуска нефти. Российская модель включена в модель GVAR наряду с 41 экономикой, охватывающими более 90% мирового ВВП. В рамках индивидуальной модели для российской экономики оценены долгосрочные и

краткосрочные соотношения для реального ВВП, реального обменного валютного курса и объемов добычи нефти в России с учетом экзогенных показателей цены на нефть и мирового уровня деловой активности, а также структурных сдвигов. При помощи функций импульсных откликов была проведена оценка влияния различных внешних экономических шоков на российские и зарубежные макроэкономические показатели. В частности, мы рассмотрели шоки выпуска Китая и США и получили количественные оценки их влияния на выпуски других стран и цену на нефть, реакция же выпуска нефти на эти шоки в большинстве экономик оказалась незначима.

Кроме того, с использованием данных по падению выпуска в различных экономиках и по динамике цены на нефть нами была получена оценка падения российского выпуска в 2020 г. из-за падения внешнего спроса, связанного с пандемией COVID-19, в 1,7%, оставшееся снижение в 1% может быть объяснено внутренними факторами (локдауном). Также был получен прогноз динамики российского ВВП в зависимости от силы экономических санкций. С учетом торговой статистики с апреля по ноябрь 2022 г. и при сохранении сниженных цен на российскую нефть падение выпуска в 2022 г. может составить около 3,3%.

* *
*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Божечкова А., Трунин П. Анализ факторов динамики реального валютного курса // Изд. дом «Дело» РАНХиГС, 2016.
- Дробышевский С., Идрисов Г., Каукин А., Павлов П., Синельников-Мурылев С. Декомпозиция темпов роста российской экономики в 2007–2017 гг. и прогноз на 2018–2020 гг. // Вопросы экономики. 2018. № 9. С. 5–31.
- Зубарев А., Рыбак К. Влияние премии за риск на российские макроэкономические показатели // Экономический журнал ВШЭ. 2020. Т. 24. № 3. С. 391–414.
- Казакова М., Синельников-Мурылев С. Конъюнктура мирового рынка энергоносителей и темпы экономического роста в России // Экономическая политика. 2009. № 5. С. 118–135.
- Ломиворотов Р. Влияние внешних шоков и денежно-кредитной политики на экономику России // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 122–139.
- Пестова А., Мамонов М. Оценка влияния различных шоков на динамику макроэкономических показателей в России и разработка условных прогнозов на основе BVAR-модели российской экономики // Экономическая политика. 2016. Т. 11. № 4. С. 56–92.
- Полбин А.В. Оценка траектории темпов трендового роста ВВП России в ARX-модели с ценами на нефть // Экономическая политика. 2020. Т. 15. № 1. С. 40–63.
- Полбин А., Скроботов А. Тестирование наличия изломов в тренде структурной компоненты ВВП Российской Федерации // Экономический журнал ВШЭ. 2016. Т. 20. № 4. С. 588–623.
- Трунин П., Князев Д., Кудюкина Е. Анализ факторов динамики обменного курса рубля // Научные труды Института Гайдара. 2010. № 33944.
- Bettendorf T. Investigating Global Imbalances: Empirical Evidence from a GVAR Approach // Economic Modelling. 2017. Vol. 64. P. 201–210.

- Cashin P., Mohaddes K., Raissi Maziar, Raissi Mendi.* The Differential Effects of Oil Demand and Supply Shocks on the Global Economy // *Energy Economics*. 2014. Vol. 44. P. 113–134.
- Cesa-Bianchi A.* Housing Cycles and Macroeconomic Fluctuations: A Global Perspective // *Journal of International Money and Finance*. 2013. Vol. 37. P. 215–238.
- Chudik A., Mohaddes K., Pesaran H., Raissi M.* A Counterfactual Economic Analysis of COVID-19 Using a Threshold Augmented Multi-Country Model: National Bureau of Economic Research. 2020. № w27855.
- Dees S., Mohaddes K., Hashem Pesaran M., Raissi Mendi, Rebucci A.* Constructing Multi-Country Rational Expectations Models // *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 2014. Vol. 76. № 6. P. 812–840.
- Dees S., Pesaran M., Smith L.V., Smith R.P.* Exploring the International Linkages of the Euro Area: A Global VAR Analysis // *Journal of Applied Econometrics*. 2007. Vol. 22. № 1. P. 1–38.
- Dees S., Pesaran H., Smith L.V.* Identification of New Keynesian Phillips Curves from a Global Perspective // *Journal of Money, Credit and Banking*. 2009. Vol. 41. № 7. P. 1481–1502.
- Fokin N., Polbin A.* A Bivariate Forecasting Model for Russian GDP Under Structural Changes in Monetary Policy and Long-Term Growth // *University Library of Munich*. 2019. № 95306.
- Gauvin L., Rebillard C.* Towards Recoupling? Assessing the Impact of a Chinese Hard Landing on Commodity Exporters: Results from Conditional Forecast in a GVAR Model // *University Library of Munich*. 2013. № 65457.
- Jibril N.U., Halaç U.* Oil Price Shocks and Macroeconomic Instability in Nigeria: Evidence from GVAR // *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*. 2019. Vol. 9. № 1. P. 94–118.
- Kilian L.* The Impact of the Fracking Boom on Arab Oil Producers // *The Energy Journal*. 2017. Vol. 38. № 6.
- Kilian L.* Oil Price Shocks: Causes and Consequences // *Annu. Rev. Resour. Econ.* 2014. Vol. 6. № 1. P. 133–154.
- Koop G., Pesaran M., Potter S.* Impulse Response Analysis in Nonlinear Multivariate Models // *Journal of Econometrics*. 1996. Vol. 74. № 1. P. 119–147.
- Krane J.* A Refined Approach: Saudi Arabia Moves Beyond Crude // *Energy Policy*. 2015. Vol. 82. P. 99–104.
- Lardic S., Mignon V.* The Impact of Oil Prices on GDP in European Countries: An Empirical Investigation Based on Asymmetric Cointegration // *Energy Policy*. 2006. Vol. 34. № 18. P. 3910–3915.
- Lardic S., Mignon V.* Oil Prices and Economic Activity: An Asymmetric Cointegration Approach // *Energy Economics*. 2008. Vol. 30. № 3. P. 847–855.
- Lee C.* Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis // *Energy Economics*. 2005. Vol. 27. № 3. P. 415–427.
- Milani F.* COVID-19 Outbreak, Social Response, and Early Economic Effects: A Global VAR Analysis of Cross-Country Interdependencies // *Journal of Population Economics*. 2021. 34. 1. P. 223–252.
- Mohaddes K., Pesaran M.* Country-Specific Oil Supply Shocks and the Global Economy: A Counterfactual Analysis // *Energy Economics*. 2016. Vol. 59. P. 382–399.
- Mohaddes K., Raissi M.* The US Oil Supply Revolution and the Global Economy // *Empirical Economics*. 2019. Vol. 57. № 5. P. 1515–1546.
- Narayan P., Smyth R.* Energy Consumption and Real GDP in G7 Countries: New Evidence from Panel Cointegration with Structural Breaks // *Energy Economics*. 2008. Vol. 30. № 5. P. 2331–2341.
- Neghad M., Hosseini R.* Effects of Oil Shocks on the Unemployment: GVAR Approach // *Romanian Economic Journal*. 2017. Vol. 20. № 65.
- Neri S., Nobili A.* The Transmission of US Monetary Policy to the Euro Area // *International Finance*. 2010. Vol. 13. № 1. P. 55–78.
- Olayungbo D.* The US–China Trade Dispute: Spill-over Effects for Selected Oil-Exporting Countries in Africa Using GVAR Analysis // *Transnational Corporations Review*. 2019. Vol. 11. № 4. P. 310–322.

Pesaran M., Schuermann T., Weiner S. Modeling Regional Interdependencies Using a Global Error-Correcting Macroeconometric Model // Journal of Business & Economic Statistics. 2004. Vol. 22. № 2. P. 129–162.

Pesaran M., Shin Y. Generalized Impulse Response Analysis in Linear Multivariate Models // Economics Letters. 1998. Vol. 58. № 1. P. 17–29.

Pestova A., Mamonov M. Should We Care?: The Economic Effects of Financial Sanctions on the Russian Economy: BOFIT Discussion Papers. 2019.

Sims C. Macroeconomics and Reality // Econometrica: Journal of the Econometric Society. 1980. P. 1–48.

Smith V.L., Galesi A. Available at: <https://sites.google.com/site/gvarmodelling/gvar-toolbox>

Smith L.V., Tarui N., Yamagata T. Assessing the Impact of COVID-19 on Global Fossil Fuel Consumption and CO₂ Emissions: ISER DP. 2020. № 1093.

Wei H., Lahiri R. The Impact of Commodity Price Shocks in the Presence of a Trading Relationship: A GVAR Analysis of the NAFTA // Energy Economics. 2019. Vol. 80. P. 553–569.

Building a GVAR Model for the Russian Economy

Andrey Zubarev¹, Maria Kirillova²

¹ The Institute of Applied Economic Research, RANEPa,
82, Prospekt Vernadskogo, Moscow, 119571, Russian Federation.
E-mail: zubarev@ranepa.ru

² The Institute of Applied Economic Research, RANEPa,
82, Prospekt Vernadskogo, Moscow, 119571, Russian Federation.
E-mail: kirillova-ma@ranepa.ru

The relationship between the economies of various countries and their dependence on the world markets indicate that for econometric analysis of the impact of external shocks on a particular economy, it is necessary to use a model of the global economy. The aim of this paper is to build a global vector autoregression model (GVAR), including Russia as one of the regions, and to obtain the impact of some external economic shocks on Russian macroeconomic indicators. We build a model that includes 41 of the world's major economies, including Russia, and the oil market. The special features of our model are structural shifts in the dynamics of Russian output and the new specification of oil supply and oil demand. Impulse response functions are used to obtain quantitative estimates. In this paper, we analyze the reaction of outputs, oil production volumes and oil prices in response to the output shocks of China and the United States. In response to the negative shock of output in the world's leading economies, outputs in the rest of the world declined for at least the first year after the shock. There was also a significant decline in oil prices and no significant change in oil production volumes in most countries. In addition, as part of the conditional forecast, we estimated the impact of the decline in global demand due to the Covid-19 pandemic on the Russian GDP as 1,3% drop. The rest of the de-

cline in Russian GDP can be attributed to the internal effects of the pandemic (lockdown). We also obtained a scenario forecast of the dynamics of Russian GDP depending on a decrease in trade and Russian oil price discount, within which the fall in Russian output could reach 3.3% in 2022.

Key words: global vector autoregression; GVAR; oil prices; GDP; oil production; COVID-19; sanctions; impulse response function.

JEL Classification: C32, E17, F47.

* *
*

References

- Bettendorf T. (2017) Investigating Global Imbalances: Empirical Evidence from a GVAR Approach. *Economic Modelling*, 64, pp. 201–210.
- Bozhechkova A., Trunin P. (2016) *Analysis of Factors Affecting the Dynamics of the Real Ruble Exchange Rate*. Publishing House "Delo" RANEP. (In Russ.)
- Cashin P., Mohaddes K., Raissi Maziar, Raissi Mendi (2014) The Differential Effects of Oil Demand and Supply Shocks on the Global Economy. *Energy Economics*, 44, pp. 113–134.
- Cesa-Bianchi A. (2013) Housing Cycles and Macroeconomic Fluctuations: A Global Perspective. *Journal of International Money and Finance*, 37, pp. 215–238.
- Chudik A., Mohaddes K., Pesaran H., Raissi M. (2020) *A Counterfactual Economic Analysis of Covid-19 Using a Threshold Augmented Multi-country Model*. National Bureau of Economic Research, no w27855.
- Dees S., Mohaddes K., Hashem Pesaran M., Raissi Mendi, Rebucci A. (2014) Constructing Multi-Country Rational Expectations Models. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 76, 6, pp. 812–840.
- Dees S., Pesaran M., Smith L.V., Smith R.P. (2007) Exploring the International Linkages of the Euro Area: A Global VAR Analysis. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 1, pp. 1–38.
- Dees S., Pesaran H., Smith L.V. (2009) Identification of New Keynesian Phillips Curves from a Global Perspective. *Journal of Money, Credit and Banking*, 41, 7, pp. 1481–1502.
- Drobyshevsky S., Idrisov G., Kaukin A., Pavlov P., Sinelnikov-Murylev S. (2018) Decomposition of Russian GDP Growth Rates in 2007–2017 and Forecast for 2018–2020. *Voprosy Ekonomiki*, 9, pp. 5–31. (In Russ.)
- Fokin N., Polbin A. (2019) *A Bivariate Forecasting Model for Russian GDP Under Structural Changes in Monetary Policy and Long-Term Growth*. University Library of Munich, no 95306.
- Gauvin L., Rebillard C. (2013) *Towards Recoupling? Assessing the Impact of a Chinese Hard Landing on Commodity Exporters: Results from Conditional Forecast in a GVAR Model*. University Library of Munich, no 65457.
- Jibril N.U., Halaç U. (2019) Oil Price Shocks and Macroeconomic Instability in Nigeria: Evidence from GVAR. *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*, 9, 1, pp. 94–118.
- Kazakova M., Sinelnikov-Murylev S. (2009) The Global Market for Energy Sources and the Pace of Economic Growth In Russia. *Economic Policy*, 5, pp. 118–135. (In Russ.)
- Kilian L. (2017) The Impact of the Fracking Boom on Arab Oil Producers. *The Energy Journal*, 38, 6.
- Kilian L. (2014) Oil Price Shocks: Causes and Consequences. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 6, 1, pp. 133–154.
- Koop G., Pesaran M., Potter S. (1996) Impulse Response Analysis in Nonlinear Multivariate Models. *Journal of Econometrics*, 74, 1, pp. 119–147.

- Krane J. (2015) A Refined Approach: Saudi Arabia Moves Beyond Crude. *Energy Policy*, 82, pp. 99–104.
- Lardic S., Mignon V. (2006) The Impact of Oil Prices on GDP in European Countries: An Empirical Investigation Based on Asymmetric Cointegration. *Energy Policy*, 34, 18, pp. 3910–3915.
- Lardic S., Mignon V. (2008) Oil Prices and Economic Activity: An Asymmetric Cointegration Approach. *Energy Economics*, 30, 3, pp. 847–855.
- Lee C. (2005) Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis. *Energy Economics*, 27, 3, pp. 415–427.
- Lomivorotov R. (2014) Impact of External Shocks and Monetary Policy on Russian Economy. *Voprosy Ekonomiki*, 11, pp. 122–139. (In Russ.)
- Milani F. (2021) COVID-19 Outbreak, Social Response, and Early Economic Effects: A Global VAR Analysis of Cross-Country Interdependencies. *Journal of Population Economics*, 34, 1, pp. 223–252.
- Mohaddes K., Pesaran M. (2016) Country-Specific Oil Supply Shocks and the Global Economy: A Counterfactual Analysis. *Energy Economics*, 59, pp. 382–399.
- Mohaddes K., Raissi M. (2019) The US Oil Supply Revolution and the Global Economy. *Empirical Economics*, 57, 5, pp. 1515–1546.
- Narayan P., Smyth R. (2008) Energy Consumption and Real GDP in G7 Countries: New Evidence from Panel Cointegration with Structural Breaks. *Energy Economics*, 30, 5, pp. 2331–2341.
- Neghad M., Hosseini R. (2017) Effects of Oil Shocks on the Unemployment: GVAR Approach. *Romanian Economic Journal*, 20, 65.
- Neri S., Nobili A. (2010) The Transmission of US Monetary Policy to the Euro Area. *International Finance*, 13, 1, pp. 55–78.
- Olayungbo D. (2019) The US–China Trade Dispute: Spill-over Effects for Selected Oil-Exporting Countries in Africa Using GVAR Analysis. *Transnational Corporations Review*, 11, 4, pp. 310–322.
- Pesaran M., Schuermann T., Weiner S. (2004) Modeling Regional Interdependencies Using a Global Error-Correcting Macroeconometric Model. *Journal of Business & Economic Statistics*, 22, 2, pp. 129–162.
- Pesaran M., Shin Y. (1998) Generalized Impulse Response Analysis in Linear Multivariate Models. *Economics Letters*, 58, 1, pp. 17–29.
- Pestova A., Mamonov M. (2019) *Should We Care?: The Economic Effects of Financial Sanctions on the Russian Economy*. BOFIT Discussion Papers.
- Pestova A., Mamonov M. (2016) Estimating the Influence of Different Shocks on Macroeconomic Indicators and Developing Conditional Forecasts on the Basis of BVAR Model for the Russian Economy. *Economic Policy*, 11, 4, pp. 56–92. (In Russ.)
- Polbin A. (2020) Estimating Time-Varying Long-Run Growth Rate of Russian GDP in the ARX Model with Oil Prices. *Economic Policy*, 15, 1, pp. 40–63. (In Russ.)
- Polbin A., Skrobotov A. (2016) Testing for Structural Breaks in the Long-run Growth Rate of the Russian Economy. *HSE Economic Journal*, 20, 4, pp. 588–623. (In Russ.)
- Sims C. (1980) Macroeconomics and Reality. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp. 1–48.
- Smith V.L., Galesi A. Available at: <https://sites.google.com/site/gvarmodelling/gvar-toolbox>
- Smith L.V., Tarui N., Yamagata T. (2020) *Assessing the Impact of COVID-19 on Global Fossil Fuel Consumption and CO₂ Emissions*. ISER DP, no 1093.
- Trunin P., Knyazev D., Kudykina E. (2011) *Perspective Issues in the CBR's Exchange Rate Policy*. MPRA Paper, no 33944. (In Russ.)
- Wei H., Lahiri R. (2019) The Impact of Commodity Price Shocks in the Presence of a Trading Relationship: A GVAR Analysis of the NAFTA. *Energy Economics*, 80, pp. 553–569.
- Zubarev A., Rybak K. (2020) The Impact of Risk Premium on Russian Macroeconomic Indicators. *HSE Economic Journal*, 24, 3, pp. 391–414. (In Russ.)